

工业废渣建筑制品丛书

高炉重矿渣应用

中国建筑工程出版社

81.1994
248

工业废渣建筑制品丛书

高炉重矿渣应用

冶金工业部建筑研究院
第一冶金建设公司技术处

中国建筑工业出版社

本书主要介绍高炉重矿渣在工程建设中的应用。内容包括：高炉重矿渣的基本性质及开采加工工艺；矿渣碎石混凝土的性能及其在建筑工程中的应用；矿渣碎石在道路、地基、铁路等工程中的应用等。本书总结了多年来在高炉重矿渣利用方面的科研与生产成果，介绍了矿渣碎石在工程建设中的一些应用实例，可供从事重矿渣生产和应用的科研、施工人员进行阅读。

本书由冶金部建筑研究院和第一冶金建设公司中心试验室编写，舒自成、曹敬德、程云程、谢蓉月等同志执笔。编写过程中得到第三冶金建设公司、第十七冶金建设公司、上海市市政工程设计研究所、同济大学路桥系和建材系、沈阳铁路局、鞍钢运输部等单位的大力协助。

工业废渣建筑制品丛书
高 炉 重 矿 渣 应 用
冶金工业部建筑研究院
第一冶金建设公司技术处

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米1/32 印张：4 5/8 字数：100千字

1978年8月第一版 1978年8月第一次印刷

印数：1—5,730册 定价：0.35元

统一书号：15040·3479

出版者的话

工业废渣是现代工业生产过程中的废弃物。其实废渣不废，只是当人们没有认识、利用它们的时候才被废弃；一旦人们认识并利用了它们，就会变废为宝，化害为利。所以正确处理、积极利用工业废渣，是综合利用的一项重要任务，也是保护环境，造福人民的重大措施。认真做好这项工作，对于发展生产，增加社会财富，保护广大人民群众和子孙后代的健康，巩固工农联盟和促进社会主义建设事业的发展，都具有很大的政治意义和经济意义。

在毛主席无产阶级革命路线指引下，我国人民发挥了社会主义制度的巨大优越性，在利用工业废渣方面，取得了不少成效。各地区、各部门广泛发动群众，积极利用粉煤灰、冶金渣、煤矸石、煤渣等试制和生产各种砖瓦、砌块、墙板、陶粒、水泥等建筑材料和制品。这样既利用了废渣，又改善了环境，还节约了大量土地和燃料，增加了建筑材料品种，有力地支援了基本建设和工农业生产。事实证明，在优越的社会主义制度和正确的路线指引下，我们不仅可以消除“三废”污染，改善环境，保护人民健康，而且正在把这些废弃物转化为有用的工业原材料或建筑材料，为高速度地发展社会主义经济，提供了新的物质条件。

为了促进工业废渣的综合利用，总结和交流利用工业废渣生产各种建筑材料和制品的经验，进一步推动墙体材料和屋面材料的改革，我社将陆续出版“工业废渣建筑制品丛

33435

书”，包括烧结煤矸石砖、烧结粉煤灰砖、蒸养煤渣砖、蒸养冶金渣砖、蒸制粉煤灰砖、粉煤灰硅酸盐砌块、加气混凝土制品、水泥废渣瓦、粉煤灰水泥、粉煤灰陶粒、高炉重矿渣利用等。内容主要是介绍这些建筑材料和制品的生产工艺、性能和应用，及时总结广大群众技术革新的经验。

这套丛书是由有关单位的工人、干部和技术人员采用“三结合”方式进行编写的，可供建筑材料工业和其它工业厂矿中从事工业废渣综合利用的工人及有关人员参考。

1975年2月

目 录

第一章 概述	1
第一节 什么是高炉重矿渣	1
第二节 重矿渣利用的意义和概况	3
第二章 重矿渣的基本性质	6
第一节 重矿渣的化学成分与矿物组成	6
第二节 重矿渣的稳定性	11
第三节 重矿渣的结晶与结构	21
第四节 重矿渣的物理力学性能	23
第三章 重矿渣的开采与加工	32
第一节 开采前的准备工作	33
第二节 生产工艺流程	33
第三节 主要生产工序的注意事项	40
第四节 保证安全和质量的措施	42
第五节 经济分析	44
第四章 矿渣碎石混凝土	47
第一节 矿渣混凝土的配制	47
第二节 矿渣混凝土的养护	53
第三节 矿渣混凝土的物理力学性能	54
第四节 矿渣混凝土的钢筋锈蚀问题	70
第五节 矿渣混凝土的耐久性	72
第五章 矿渣混凝土在建筑工程中的应用	77
第一节 矿渣混凝土的施工	77
第二节 在民用建筑中的应用	80

第三节	在工业建筑中的应用.....	82
第四节	在离心构件上的应用.....	84
第五节	在耐热工程上的应用.....	86
第六节	在防水工程中的应用.....	87
第七节	在动载构件上的应用.....	89
第六章	重矿渣在地基工程中的应用	97
第一节	矿渣垫层的变形和强度特性.....	97
第二节	矿渣垫层的设计.....	99
第三节	矿渣垫层的施工	102
第四节	工程实例	107
第七章	重矿渣在道路工程中的应用	111
第一节	几个主要的技术性能	111
第二节	矿渣道路的设计	114
第三节	矿渣道路基层的施工	116
第四节	矿渣道路路面的施工	117
第八章	重矿渣在铁路道碴上的应用	124
第一节	矿渣道碴的主要技术性能	124
第二节	矿渣道碴的应用	126
附 录	高炉重矿渣应用暂行技术规程	131

第一章 概 述

高炉矿渣是冶炼生铁时从高炉炉缸中排出的一种工业废渣。从化学成分来看是属于硅酸盐质材料，又是在1400~1600°C高温下形成的熔融体，便于加工制成多品种的建筑材料：水淬成粒状矿渣（简称水渣）是生产水泥、矿渣砖瓦和砌块的好原料；经急冷加工成膨胀矿渣珠或膨胀矿渣，可做轻混凝土骨料；吹制成矿渣棉可制造各种隔热、保温材料；浇铸成型可做耐磨的热铸矿渣；慢冷成块的重矿渣可以代替普通石材用于建筑工程中。本书主要介绍高炉重矿渣的基本性能及利用情况。

第一节 什么是高炉重矿渣

高炉冶炼生铁时，从高炉顶上加入的原料，除了铁矿石和燃料（焦炭）外，还要加入助熔剂。因为大部分铁矿石中的脉石主要是由酸性氧化物二氧化硅（ SiO_2 ）和三氧化二铝（ Al_2O_3 ）所组成，而脉石熔化所需温度较高，为了降低脉石的熔化温度，必须加入适量的含有大量碱性氧化物的助熔剂（石灰石），造成容易熔化的炉渣。当炉温达到1400~1600°C时，这种非金属的炉渣呈熔融状态，称为熔融矿渣。由于它的比重比铁水轻而浮在上面，由炉缸的上渣口和下渣口分别排出炉外。由此可见，高炉矿渣就是由脉石、灰分、助熔剂和其他不能进入生铁中的杂质所组成的易熔混合物，

其主要化学成分是氧化钙（ CaO ）、二氧化硅（ SiO_2 ）和三氧化二铝（ Al_2O_3 ）等。

高炉重矿渣（简称重矿渣）就是熔融矿渣从高炉排出后，在空气中自然冷却形成的一种坚硬石质材料。重矿渣经开采、破碎和筛分后可得不同粒径的分级矿渣（简称矿渣碎石），粒径在5毫米以下的细粒叫矿渣砂，未经破碎筛分的称为混合矿渣。

我国迄今开采利用的重矿渣，从形成来分有两种：一种是从逐年堆积成山的重矿渣堆开采、加工制得；另一种是在处理矿渣时将粘罐的渣壳破碎、加工制得。这两种重矿渣的形成，未经人工控制，所以匀质性较差。

随着人们对重矿渣性能的了解和掌握，以及重矿渣利用的逐步发展，重矿渣的生产工艺也得到了改进。目前，大多认为薄层多层热泼法（又称浇铸法）是获得优质重矿渣的较好方法，国外已大量采用。国外一些新建的大型钢铁企业多采用炉前热泼，将熔融矿渣直接从高炉流进炉旁的浇铸场（图1-1）；在一些老的钢铁企业，由于高炉附近场地所限，



图 1-1 熔融矿渣炉前热泼（英国）

大多采用渣罐车将熔融矿渣运至浇铸场进行热泼（图1-2）。由于热泼法工艺简单，在生产过程中对渣层厚度、结晶和冷却等条件均可以控制，因此，所生产的重矿渣质量较好，渣块粒径较小，只需简单破碎和筛分，便可制得各种粒径的矿渣碎石，生产率高，成本低。当采用炉前热泼时，还可省去费用很高的渣罐运输，有利于钢铁生产。近年来，我国也开始进行热泼法的研究和试生产工作，并取得一定效果。



图 1-2 渣罐在浇铸场热泼（英国）

第二节 重矿渣利用的意义和概况

随着我国钢铁工业的迅速发展，高炉矿渣将日益增多，历年来已经堆积的重矿渣近一亿五千万吨，占地约一万五千亩。目前全国各炼铁厂每年仍要排出高炉矿渣近二千万吨，其中50~60%冲成水渣供作水泥原料，40~50%（重矿渣）仍弃置渣场，不仅占用农田，污染环境，而且，为了处理这些废渣，国家每年还要花费巨额资金修筑排渣场和铁路线，投入大量的人力和物力。因此重矿渣的综合利用非常迫切，

而重矿渣又是一种优质、价廉的建筑石料，经过开采和加工，可以代替普通碎石应用于建筑和其它工程中。随着社会主义建设事业的迅速发展，近年来，一些地区已经出现建筑石料供不应求的局面，因此，重矿渣的综合利用，对于发展钢铁工业、保护环境、支援工农业生产建设，都具有一定的政治经济意义。

我国重矿渣的利用已有几十年的历史，解放前重矿渣利用很少。解放后，遵照毛主席关于大搞综合利用的教导，对重矿渣的利用进行了大量的科学研究和生产实践，积累了许多经验。在短短十几年的时间里，马鞍山、武汉和鞍山等地先后建立了年产矿渣碎石15~30万立方米的半机械化、机械化开采加工场。目前武汉重矿渣开采加工场已由原15万立方米的生产能力逐步发展为年产45万立方米的全机械化开采加工场；在鞍山、太原和北京等地还建起人工开采场。

在冶金建设中，重矿渣代替天然石料，使用范围日益扩大，矿渣碎石混凝土已在500号及500号以下的混凝土、钢筋混凝土、预应力混凝土以及防水工程中应用；用重矿渣做粗、细骨料配制的耐热混凝土，已在使用温度700℃以下，温度无急剧变化的耐热混凝土工程中应用；在一些钢铁企业的专用铁道线上，也普遍采用了重矿渣道碴，1967年鞍钢的碱性矿渣首次在国家一级铁路干线上试用，使用近十年，效果很好；矿渣碎石还广泛应用于沥青混凝土、沥青碎石道路和混凝土道路工程中，均取得了良好的技术经济效益。例如近几年来在武钢一七〇〇轧机工程建设中，使用矿渣碎石一百多万立方米，为国家节约资金一千多万元。同时，由于充分利用了矿渣碎石，使武钢堆积近二十年的渣山大部化为平地，腾出空地约三百亩，为工农业建设提供了场地。

我国在重矿渣的利用方面虽然做了不少工作，但总的来说重矿渣的利用率还是不高的。目前我国高炉矿渣的总利用率达到当年排渣量的70~80%，其中水渣利用率达50~60%，而重矿渣的利用率仅占15~20%。

国外重矿渣的利用主要是在第二次世界大战以后。当时由于恢复建设缺乏建筑材料，使重矿渣的利用得到较快的发展。近年来，美国、西德、日本和英国等资本主义国家高炉矿渣的利用率已达100%，其中70~90%做矿渣碎石，过去堆积的矿渣山也已逐年被开采利用。重矿渣在国外被广泛用作建筑碎石、铁路路基和道碴；矿渣混凝土大量用于工业与民用建筑物和桥梁工程、制作钢筋混凝土预制构件以及公路与飞机场路面等建筑工程中。

第二章 重矿渣的基本性质

重矿渣的基本性质主要与矿渣的化学成分及矿物组成有关，而重矿渣的一些主要物理力学性能，则和其容重有密切的关系。我国的重矿渣一般均具有较好的结构稳定性，其物理力学性能也能满足建筑石料的要求。

第一节 重矿渣的化学成分与矿物组成

重矿渣的化学成分及其含量，通常可以借助化学分析得到，而化学成分并不反映它的真实组成，实际上矿物组成才是决定重矿渣性质的关键。所以通过岩相鉴定矿物组成对研究重矿渣的基本性质显得更为重要。

一、重矿渣的化学成分

重矿渣主要的化学成分是氧化钙（ CaO ）、二氧化硅（ SiO_2 ）、三氧化二铝（ Al_2O_3 ）、氧化镁（ MgO ）、三氧化二铁（ Fe_2O_3 ）和氧化亚锰（ MnO ），此外，还含有少量的硫（ S ）。由于矿石成分的不同，还可能含有其他氧化物。

一般将铸造生铁和炼钢生铁的重矿渣称为普通重矿渣，其中 CaO 、 SiO_2 、 Al_2O_3 和 MgO 含量之和占总量的95%以上， Fe_2O_3 、 MnO 及 S 的含量一般均在1%左右。而锰铁重矿渣中 MnO 是主要成分之一，其含量可高达20%左右。

现将我国一些主要钢铁企业所产重矿渣的化学成分列于表2-1。由于炼铁原料品种和成分的变化，及操作等工艺因

我国一些钢铁企业高炉重矿渣的化学成分

表 2-1

矿渣品种	矿渣产地	化 学 成 分 (%)						
		氧 化 钙 (CaO)	二 氧 化 硅 (SiO ₂)	三 氧 化 二 铝 (Al ₂ O ₃)	氧 化 镁 (MgO)	三 氧 化 二 铁 (Fe ₂ O ₃)	氧 化 亚 锰 (MnO)	硫 (S)
普通重矿渣	鞍 钢	38.60~48.47	34.42~41.30	6.21~9.32	2.88~7.94	0.33~1.38	0.10~0.85	0.21~1.00
	武 钢	39.04~47.07	33.89~38.20	11.56~16.20	2.90~7.01	0.46~1.46	0.15~0.97	0.55~0.70
	本 钢	43.30~49.16	38.26~41.47	6.41~9.31	1.96~5.75	0.46~2.08	0.98~1.13	0.23~1.04
	首 钢	35.79~41.94	35.24~39.86	8.83~12.64	8.70~13.02	0.32~0.64	0.33~0.64	0.33~1.04
	马 钢	38.86~49.52	32.66~40.26	8.13~17.45	1.22~9.28	0.16~1.20	0.10~1.07	0.33~1.06
	太 钢	38.86~44.79	26.29~38.85	10.05~16.25	1.92~6.07	0.27~1.90	0.20~1.11	0.38~1.57
	重 钢	44.52~48.49	35.40~39.84	7.51~9.70	2.61~6.80	0.19~0.93	0.37~0.68	0.56~1.08
锰铁重矿渣	新余钢厂	28.84~46.67	21.12~36.60	11.35~23.50	2.62~7.55	0.16~1.15	6.08~23.38	0.33~2.88
	阳泉钢厂	29.0~44.0	22.0~30.0	11.75~19.0	2.0~8.0	0.10~1.70	5.0~24.0	0.80~1.70

素的影响，重矿渣的化学成分常有波动，因此，使用中首先掌握所用重矿渣的化学成分是很必要的。

根据重矿渣中碱性氧化物（ CaO 、 MgO ）和酸性氧化物（ SiO_2 、 Al_2O_3 ）含量的不同，其性质常有差异，通常以碱性氧化物之和与酸性氧化物之和的比值，称为碱性率（ M_0 ）。

$$\text{碱性率 } M_0 = \frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3}$$

一般常按照碱性率将矿渣分为三类：

当 $M_0 > 1$ ，称为碱性矿渣；

$M_0 = 1$ ，称为中性矿渣；

$M_0 < 1$ ，称为酸性矿渣。

这是重矿渣最常用的一种分类方法，碱性率比较直观地反映了重矿渣中碱性氧化物和酸性氧化物含量的关系。

二、重矿渣的矿物组成

重矿渣的性质与矿物组成有密切的关系，而矿物组成又取决于矿渣的化学成分、熔化温度和冷却条件。

根据对我国不同成分重矿渣的岩相鉴定（表2-2），普通重矿渣中主要矿物有：黄长石（ $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ 与 $2\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$ 之固熔体）、假硅灰石（ $\alpha\text{-CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ）、辉石[主要为透辉石（ $\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$ ）和少量的蔷薇辉石（ $\text{MnO} \cdot \text{SiO}_2$ ）]、橄榄石[主要为钙镁橄榄石（ $\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ ）和少量锰橄榄石（ $2\text{MnO} \cdot \text{SiO}_2$ ）]及少量的硫化物[主要是硫化钙（ CaS ）、其次是硫化亚铁（ FeS ）、硫化亚锰（ MnS ）]等，图2-1就是普通重矿渣的显微照片。在氧化钙含量较高的重矿渣中，还含有一定量的硅酸二钙（ $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ）（图2-2）。

重矿渣的主要矿物组成 表 2-2

矿渣 种类	化 学 成 分 (%)							矿 物 组 成 (%)								
	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	MnO	S	硅酸 二钙	黄长石	假硅 灰石	辉石	橄欖石	方锰矿	硫化物	玻璃 质	胶体
普 通 重 矿 渣	46.80	39.40	7.40	4.35	0.90	0.46	0.50	40~50	15~20	10~15	5~10			少量		
	46.00	38.80	8.11	5.04	—	—	0.69	25~35	30~35		30~35			少量	3~5	
	45.95	38.70	9.17	4.99	0.33	0.53	0.92	约15	35~40	35~40				少量		
	42.32	34.00	13.45	6.49	0.50	0.13	0.65	约5	约50	极少						约35
	40.82	38.82	8.25	9.88	0.91	0.17	0.51		约60	极少						约35
锰 铁 重 矿 渣	47.12	25.70	15.37	5.70	0.66	2.75	1.03	15~20	25~30			约15	7~9	6~8		
	39.55	29.40	14.00	6.05	0.25	8.41	1.45	约10	15~20		约15	约10	10~15	5~7		
	36.30	28.60	22.10	1.29	0.31	9.82	0.53		30~35			约10	10~15	约5	约10	

注：1. 黄长石：为 mC_2AS 与 nC_2MS_2 的固熔体。

2. 辉石：在普通重矿渣中主要为透辉石($CaSiO_3$)和少量的蔷薇辉石($MnO \cdot SiO_2$)；在锰铁重矿渣中主要为蔷薇辉石和透辉石。

3. 橄榄石：在普通重矿渣中主要为钙镁橄榄石(CMS)和少量的锰橄榄石($2 MnO \cdot SiO_2$)，在锰铁重矿渣中主要为锰橄榄石和钙镁橄榄石。



图 2-1 普通重矿渣在正交偏光下的显微照片 $\times 160$
(图中多为黄长石晶体)

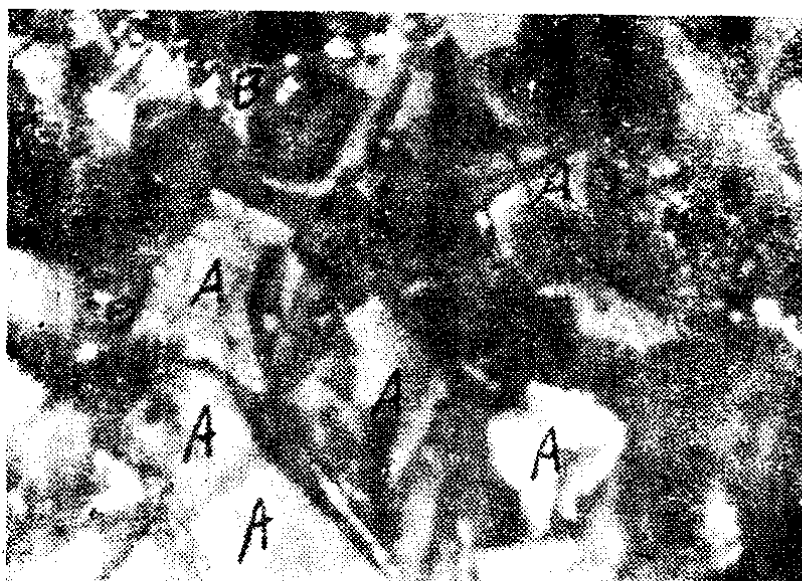


图 2-2 含 C_2S 重矿渣在正交偏光下的显微照片 $\times 160$
(图中多为黄长石——A, 部分为 C_2S ——B)

锰铁重矿渣中主要的矿物有：黄长石、辉石、橄榄石、方锰矿 (MnO)、假硅灰石 ($\alpha-CaO \cdot SiO_2$) 以及少量硫化钙 (CaS)、硫化亚锰 (MnS) 等。当矿渣中氧化钙含量较